

## **MICROSTRUCTURE BODY AND ITS FORMING METHOD**

**Patent number:** JP8140368  
**Publication date:** 1996-05-31  
**Inventor:** YAGI TAKAYUKI  
**Applicant:** CANON INC  
**Classification:**  
**- international:** H02N1/00; G01N37/00  
**- european:**  
**Application number:** JP19940272109 19941107  
**Priority number(s):**

### **Abstract of JP8140368**

**PURPOSE:** To provide a microstructure body which can electrically connect the micro structure body with an electrode pattern and a substrate without any limit in material used for the microstructure body and the substrate.

**CONSTITUTION:** In a microstructure body consisting of a substrate 10, support parts 13 and 13', a lever 12, and an electrode 17 formed at the lever 12, a beam and/or an electrode is supported from an upper surface via the substrate and a space by the support parts 13 and 13', thus providing a microstructure body where an electrode part is formed on the lower surface of beams. Also, a method for forming the microstructure body and an electrostatic actuator where the beams are displaced are provided by applying a voltage to the electrode.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-140368

(43) 公開日 平成8年(1996)5月31日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 2 N 1/00

G 0 1 N 37/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

A

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平6-272109

(22) 出願日 平成6年(1994)11月7日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 八木 隆行

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

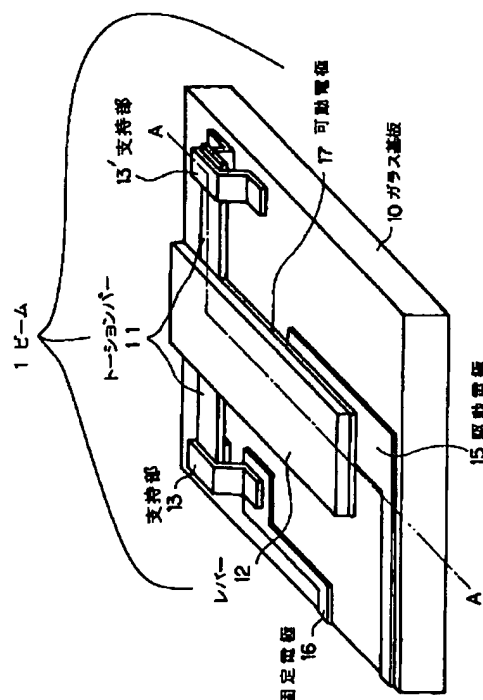
(74) 代理人 弁理士 若林 忠

(54) 【発明の名称】 マイクロ構造体及びその形成法

(57) 【要約】

【目的】 マイクロ構造体及び基板に使用する材料に制限がなく、電極パターンを有するマイクロ構造体と基板との電気的接続が可能な、マイクロ構造体とその形成法を提供する。

【構成】 基板10と、支持部13、13'と、レバー12と該レバーに形成した電極17からなるビームとからなるマイクロ構造体において、該支持部により前記基板と空隙を介してビーム及び／又は電極部が上面より支持され、前記ビームの下面に前記電極部が形成されているマイクロ構造体を提供する。また、上記マイクロ構造体の形成法と、電極に電圧を印加することによりビームが変位する静電アクチュエータを提供する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、支持部と、少なくとも1つ以上の電極を有するビームからなるマイクロ構造体において、該支持部により前記基板と空隙を介してビームが上面より支持され、前記電極の少なくとも1つは可動電極からなり、前記ビームの下面に該可動電極が形成されることを特徴とするマイクロ構造体。

【請求項2】 前記支持部が、金属薄膜よりなることを特徴とする請求項1に記載のマイクロ構造体。

【請求項3】 前記金属薄膜が、アルミニウムよりなることを特徴とする請求項2に記載のマイクロ構造体。

【請求項4】 前記ビームが、Si結晶体よりなることを特徴とする請求項1に記載のマイクロ構造体。

【請求項5】 前記ビームが、絶縁体薄膜よりなることを特徴とする請求項1に記載のマイクロ構造体。

【請求項6】 前記絶縁体薄膜が、Siを酸化ガスにより酸化して形成したシリコン酸化膜よりなることを特徴とする請求項5に記載のマイクロ構造体。

【請求項7】 前記電極が、導電体薄膜よりなることを特徴とする請求項1に記載のマイクロ構造体。

【請求項8】 前記ビームの上面に、電極が形成されていることを特徴とする請求項1に記載のマイクロ構造体。

【請求項9】 マイクロ構造体の形成法において、第2基板上に構造体層を形成する工程と、前記構造体層に導電体からなる電極部を形成する工程と、第1基板及び／又は第2基板上に樹脂膜よりなる接着層を形成する工程と、前記接着層を介して第1基板と構造体層及び電極部を接着する工程と、前記第2基板を除去する工程と、前記構造体層及び電極部と第1基板とを接続するための支持層を形成する工程と、接着層を除去する工程を有することを特徴とするマイクロ構造体の形成法。

【請求項10】 前記接着層を形成する工程が、樹脂分子を溶媒で希釈した溶液を薄膜塗布することにより行うことを特徴とする請求項9に記載のマイクロ構造体の形成法。

【請求項11】 前記樹脂膜が、フォトレジストからなることを特徴とする請求項9に記載のマイクロ構造体の形成法。

【請求項12】 前記フォトレジストが、環化ゴムを含有することを特徴とする請求項11に記載のマイクロ構造体の形成法。

【請求項13】 前記第1基板及び／又は第2基板上に、溝を形成してあることを特徴とする請求項9に記載のマイクロ構造体の形成法。

【請求項14】 前記接着する工程が、第1基板及び第

2基板に圧力を加える工程を有することを特徴とする請求項9に記載のマイクロ構造体の形成法。

【請求項15】 前記圧力を加える工程が、第1基板と第2基板に電圧を印加することにより行うことを特徴とする請求項14に記載のマイクロ構造体の形成法。

【請求項16】 前記支持層が、金属薄膜よりなることを特徴とする請求項9に記載のマイクロ構造体の形成法。

【請求項17】 前記接着層を除去する工程が、酸素を用いたドライエッチングにより行うことを特徴とする請求項9に記載のマイクロ構造体の形成法。

【請求項18】 前記ドライエッチングが、プラズマエッチングにより行うことを特徴とする請求項17に記載のマイクロ構造体の形成法。

【請求項19】 構造体を形成した第2基板がSOI基板からなることを特徴とする請求項9に記載のマイクロ構造体の形成法。

【請求項20】 請求項9ないし19のいずれか1項に記載のマイクロ構造体の形成法を用いて形成する、基板と、該基板に形成した固定電極及び駆動電極と、該駆動電極上部に金属薄膜よりなる支持部により、空隙を介して支持した可動電極を有するビームとからなる静電アクチュエータにおいて、該可動電極がビーム下面に形成しており、前記支持部が前記可動電極と前記固定電極を電気的に接続すると共に機械的に前記ビームをビーム上面より支持し、前記駆動電極と前記可動電極に電圧を印加することによりビームが変位することを特徴とする静電アクチュエータ。

【請求項21】 前記ビームが、上面に電極を有していることを特徴とする請求項20に記載の静電アクチュエータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、マイクロメカニクス技術を用いて作製するマイクロ構造体、とくに犠牲層を用いて形成されるマイクロ構造体の形成法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、小型の可動機構を有する微小機械がマイクロメカニクス技術により検討されている。とくに、半導体集積回路形成技術（半導体フォトリソグラフィプロセス）を用いて形成するマイクロ構造体は、基板上に複数の小型で作製再現性の高い微小な機械部品を作製することが可能である。このため、アレイ化、低コスト化が比較的容易となり、かつ小型化により従来の機械式構体に比べて高速応答性が期待できる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】基板上にマイクロ構造体を作製する典型的な方法としては以下の3つがある。第1の方法としては、ポリシリコン膜よりなるワブルマイクロモーター (M.Mehregany et al., "Operation of

microfabricated harmonic and ordinary side-drive motors", Proceedings IEEE Micro Electro Mechanical Systems Workshop 1990, p.1-8)や、リニアマイクロアクチュエータ (P.Cheung et al., "Modeling and position-detection of a polysilicon linear microactuator", Micromechanical Sensors, Actuators, and Systems ASME 1991, DS C-Vol. 32, p.269-278) 等を形成する作製方法であり、これはSi基板上の犠牲層となるシリコン酸化膜と薄膜形成したマイクロ構造体となるポリシリコン、SOI (Si on Insulator) またはSIMOX (Separation by ion implantation of oxygen, B.Diem et al., "SOI(SIMOX) as a Substrate for Surface Micromachining of Single Crystalline Silicon and Actuators", The 7th International Conference on Solid-State Sensors and Actuators, Transducers '93, June 7-10, 1993, p.233-236) のシリコン膜を所望の形状にパターンニングした後に、フッ酸水溶液にてシリコン酸化膜を除去するシリコン酸化膜を犠牲層として用いる方法である。

【0004】しかしながら、この方法ではシリコン酸化膜をフッ酸水溶液にてエッチング除去するために、構造体としてはフッ酸に食刻されないフッ酸腐食耐性材料を用いる必要があり、マイクロ構造体にアルミニウム電極等の電極を配線することができない。さらに、ポリシリコンをマイクロ構造体として用いる場合には膜応力による反りが生じないようにポリシリコンの膜応力を制御する必要がある。SOI基板を用いる場合、バルクSi薄膜の下のシリコン酸化膜を膜除去してしまうために、構造体を支えるシリコン酸化膜がエッチバックされ、構造体が梁形状となり基板と構造体との電気的接続が困難となる。

【0005】第2の方法は、アルミニウム (Al) 薄膜のマイクロミラーよりなる空間光変調器 (L. J. Hornbeck, 特開平2-8812) を形成する作製方法であり、基板上に犠牲層となるフォトレジストを塗布し、Al薄膜を薄膜形成し所望の形状にパターンニングした後に、酸素プラズマを用いたドライエッチングによりフォトレジストを除去し、Al薄膜からなるマイクロ構造体を形成する方法である。

【0006】この方法では、フォトレジストを犠牲層として用いることにより基板の表面粗さに依存することなく、様々な種類の基板上にマイクロ構造体を形成することが可能である。これにより、反応性イオンエッチング (RIE) によるドライエッチングで犠牲層除去が可能であり、ウェットエッチングにより犠牲層を除去する際に生じるマイクロ構造体と基板との貼り付き (Sticking) を回避できる。しかしながら、作製工程中でフォトレジストが熱的損傷をおこさない程度の低温で構造体薄膜形成を行う必要があり、構造体材料の制約が大きい。さらに、マイクロ構造体を真空蒸着、スパッタリング等

の薄膜形成プロセスにより形成するために、作製したマイクロ構造体が膜応力による反りを生じないよう膜の応力制御をする必要がある。

【0007】第3の方法は、バルクであるSi基板上にマイクロ構造体のパターンを形成した後に、ガラス基板に前記パターンの一部を陽極接合法により接合し、接合したSi基板を裏面よりエッチングし、マイクロ構造体のみをガラス基板上に残すことにより形成する方法である。この方法を用い、Si基板を薄膜化したバルクSi薄膜からなるリニアアクチュエータ (Y. Gianchandani et al., "Micron-Size, High Aspect Ratio Bulk Silicon micromechanical Devices", Proceedings IEEE Micro Electro Mechanical Systems Workshop, 1992, p.208-213) 及びシリコン窒化膜よりなるAFM (Atomic Force Microscope) 用のカンチレバー (T. A. Albrecht et al., United States Patent Number 5,221,415) 等が形成できる。

【0008】この方法では、犠牲層を用いる必要がなく、フッ酸耐性のない材料によってマイクロ構造体を形成することが可能である。しかしながら、ガラスと陽極接合を行う必要から、材料としては酸化物を形成する導電性のSi及びAl, Ti, Ni等の金属、又はSi基板上に形成した薄膜においてのみ陽極接合可能なシリコン窒化膜、シリコン酸化膜に限定される。また、陽極接合の接合温度が300℃以上であり、熱応力の歪みによる接合時の基板の損傷を回避するためには、ガラスはSi基板とほぼ等しい熱膨張係数を持っている必要がある。このために、使用できるガラスはパイレックスガラス (商品名#7740 Corning) 等のガラスに限定される。さらに、接合面にあらかじめ空隙を形成しておくため、接合後に電極等をマイクロ構造体に形成することができない。また、基板としては可動イオンを含むガラスを用いる必要があることから、基板上に回路を集積化することができない。さらに、陽極接合によってガラスと導電性材料を接合する場合、ガラス及び導電性材料の表面粗さを500オングストローム以下に押える必要があり、段差の大きな配線に接合することができない。

【0009】本発明は上記問題点を解消するためになされたもので、(1) マイクロ構造体及び基板の材料が制限されることなく、(2) 電極パターンを有するマイクロ構造体と基板との電気的接続が可能なマイクロ構造体及びそのの形成法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】すなわち、上記目的を達成するためになされた本発明は、第2基板上に構造体層を形成する工程と、前記構造体層に導電体からなる電極部を形成する工程と、第1基板及び/又は第2基板上に樹脂膜よりなる接着層を形成する工程と、前記接着層を介して第1基板と構造体層及び電極部を接着する工程と、前記第2基板を除去する工程と、前記構造体層及び

5

電極部と第1基板とを接続するための支持層を形成する工程と、接着層を除去する工程を有することを特徴とするマイクロ構造体の形成法である。

【0011】更に、上記形成法により作製されたマイクロ構造体は、基板と、支持部と、少なくとも1つ以上の電極を有するビームからなり、該支持部により前記基板と空隙を介してビームが上面より支持され、前記電極の少なくとも1つは可動電極からなり、前記ビームの下面に該可動電極が形成されてなることを特徴とする。

【0012】さらに本発明は、マイクロ構造体の形成法を用いて形成する、基板と、該基板に形成した固定電極及び駆動電極と、該駆動電極上部に金属薄膜よりなる支持部により、空隙を介して支持した可動電極を有するビームとからなる静電アクチュエータにおいて、該可動電極がビーム下面に形成してあり前記支持部が前記可動電極と前記固定電極を電気的に接続すると共に機械的に前記ビームをビーム上面より支持し、前記駆動電極と前記可動電極に電圧を印加することによりビームが変位することを特徴とする静電アクチュエータを提供する。

【0013】以下、本発明を更に詳細に説明する。

【0014】接着層を形成する方法としては、通常の形成方法が使用でき、例えば、樹脂分子を有機溶媒で希釈した液をスピンナー法、ディッピング法、スプレー法等により塗布する方法等の樹脂膜形成法を用いて行う。塗布方法では樹脂膜は基板上の表面凹凸が存在しても、平坦性良く塗布することが可能であり、これにより他方の基板と接着する工程において基板表面粗さに依存せずに良好な面接着が可能となる。樹脂材料としては、回路を集積化したSi基板上に樹脂膜を形成する場合、ナトリウムイオン等の不純物の少ないフォトレジストが好ましい。密着力及び機械的な強度に優れたゴムを有するゴム系フォトレジストが特に好ましい。

【0015】本発明で使用するゴム系フォトレジストとしては、例えば「微細加工とレジスト」(野々垣三郎著、高分子学会編集、共立出版発行、1990年)11頁第3行に記載のゴムが好ましく、また東京応化工業(株)製の高解像度ネガ型フォトレジストとしてOMR-83等のゴムを含有するフォトレジストが同様に使用できる。

【0016】構造体層が形成された第2基板としては、半導体フォトリソグラフィプロセスとエッチングにより構造体のパターンを形成した基板、第2基板上に構造体層を薄膜形成した基板、転写用犠牲層を介して構造体層を形成した第2基板等を用いることが可能である。

【0017】半導体フォトリソグラフィプロセスとエッチングにより構造体のパターンを形成した基板及び第2基板上に構造体層を薄膜形成した基板では、第2基板を除去する工程において、基板材料に適したエッチング液を用いたウェットエッチング、反応性ガスを用いたドライエッチング、又は研磨砥粒を用いてラッピングする方

6

法を用いて裏面を削り構造体層のみを残すこととなる。例えば、第2基板としてSiを用いる場合、エッチング液としては水酸化カリウム溶液(KOH)、4-メチルアンモニウム水溶液(tetramethyl ammoniumhydroxide)等のアルカリ水溶液、又はフッ酸及び硝酸の混合水溶液等を用い、反応性ガスとしては $CF_4$ 、 $SF_6$ 、 $NF_3$ 等のプラズマガスを用いて行う。また、構造体としてn型、第2基板としてp型のpn接合からなるSiウエハを用いる場合、アルカリ水溶液を用いた電解エッチングにより構造体層に電圧を印加することで、n型の構造体層のみを残すことができる(B.Kloeck, et al., "Study of Electrochemical Etch-Stop for High-Precision Thickness Control of Silicon Membranes" IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, VOL. 36, NO. 4, pp663-669, 1989)。エッチングにより構造体のパターンを形成したSi等のバルクを第2基板として用いれば、マイクロ構造体は反ることがなく、犠牲層上に薄膜形成してマイクロ構造体を作成する際に問題となった膜応力による反りの問題を回避できる。

【0018】転写用犠牲層を介して構造体層を形成した基板としては、例えば第2基板をガラス基板とし、構造体層に転写用犠牲層となる金属膜を薄膜形成した後に該金属膜とガラス基板に電圧を印加し、陽極接合法により形成した接合体からなる基板、シリコン酸化膜を転写用犠牲層とし、シリコン膜を構造体層とするSOI基板またはSIMOX基板等の中間層を有する基板、第2基板上に転写用犠牲層及び構造体層を薄膜形成した接合体等を用いることができる。転写用犠牲層の材料としては、転写用犠牲層を除去するエッチャントにより少なくとも接着層及び構造体層が腐食されない材料より選択される。薄膜形成法としては、真空蒸着法、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法等の薄膜堆積法を用いる。陽極接合による場合、第2基板はアルカリ金属の可動イオン(例えばナトリウム等)を含むガラス基板であり、金属膜としてはSi、Al、Ti、Ni等の陽極接合可能な金属膜またはこれら元素を含有する合金よりなる金属膜を用いればよい。これら金属膜を構造体層に薄膜形成することにより、構造体層の材料として絶縁体、半導体、金属等様々の材料をガラス基板に陽極接合することが可能である。

【0019】第2基板に構造体層を接合する際、構造体層の厚みが数十 $\mu m$ 以下の場合、ハンドリングが難しい。この為、接合後に薄膜化し構造体層となる、あるいは構造体層が予め形成された基板であって該基板を除去することにより構造体層が形成されるような基板等を用いることも可能である。該基板の薄膜化あるいは除去では基板材料に適したエッチング液を用いたウェットエッチング、反応性ガスを用いたドライエッチング、又は研磨砥粒を用いてラッピング、ポリッシングする方法を用いて裏面から削り行えば所望の厚みの構造体層を第2基

板上に接合することができる。Si, GaAs等のバルクの基板を用いれば、薄膜化したバルクからなるマイクロ構造体は反ることがなく、犠牲層上に薄膜形成してマイクロ構造体を作製する際に問題となった膜応力による反りの問題を回避できる。また、薄膜化により接合体層の膜厚を任意に調整することが可能である。

【0020】電極部を構造体層に形成する工程としては、第2基板上に形成した構造体層に、真空蒸着法を用いて導電体薄膜を形成した後に該導電体薄膜を半導体フォトリソグラフィによりパターン形成するか、あるいは、予め導電体層を形成してある構造体層を第2基板上に形成した後に該導電体層をパターンニングして電極部を形成する。導電体層としては、例えばSi基板上に形成したp<sup>+</sup>層を用いることが可能である。

【0021】第1基板と構造体層及び電極部を接着する工程としては、第1基板と第2基板を裏面より圧力をかけて押し当てた後に、加熱処理することにより接着層である樹脂膜中に含まれる有機溶媒を蒸発させ、樹脂を硬化するとともに各基板との接着力を強くすることにより行う。第1基板及び第2基板が導電体であるならば、各々に電圧を印加し、発生する静電力を用いて圧力を加え接着することも可能である。電極部を構造体層に形成することにより、接着する工程を経ることで、電極部は接着層と構造体層の間に位置することとなる。

【0022】第1基板及び／又は構造体層に溝を形成することで接着層を加熱処理する際に発生する有機溶媒の蒸気を前記溝を通じて逃がすことができる。溝として、半導体フォトリソグラフィプロセスによりパターンニングした構造体層のパターンの段差部分を前記溝として用いることが可能である。

【0023】接着層である樹脂膜を硬化する温度は比較的低温にて行うことが可能であり、第1基板と第2基板の熱膨張係数の違いによる接着時の基板損傷を回避でき、熱膨張係数差に伴う第1基板材料の制限がない。

【0024】第2基板を除去する工程において、転写用犠牲層を有する第2基板では転写用犠牲層を除去する工程により、第1基板上の接着層と構造体層が接着されたまま第2基板と構造体層は分離されることとなる。すなわち、本工程により第2基板上の構造体が第1基板の接着層上に転写される。

【0025】支持層は第1基板と構造体層及び／又は電極部を機械的に接続するものであり、接着層を除去する前に形成することにより転写された構造体層及び／又は電極部を上から釣り上げる構造になっている。支持層として金属薄膜（Al等）を用いることにより、電氣的に構造体層及び／又は電極部と第1基板を接続することができる。

【0026】樹脂膜からなる接着層を除去する工程では、樹脂膜を溶解する溶液に浸すことによりウェットエッチング除去する方法、あるいは酸素プラズマを用いた

アッシングによりドライエッチングする方法により行う。接着層が樹脂からなることにより、ドライエッチングすることが可能であり、従来のウェットエッチングによる犠牲層除去の際に問題であった貼り付きが回避できる。

【0027】上記形成法により作製されたマイクロ構造体は、第1基板と、支持層からなる支持部と、構造体層からなる電極を有するビームからなり、該支持部により前記基板と空隙を介してビームが上面より支持され、電極がビーム下面に配置してある特徴を有している。第1基板に固定電極及び駆動電極を形成し、構造体層をカンチレバー型又はトーションビーム型のビーム形状にパターンニングし、ビームに形成した電極部を可動電極とすることにより、支持部が可動電極と固定電極を電氣的に接続すると共に機械的にビーム及び駆動電極を上面より支持し、駆動電極と可動電極に駆動電圧を印加することによりビームが変位する静電アクチュエータが作製できる。本発明の方法で製造することができるマイクロ構造体としては、例えば静電アクチュエータ、AFM、STM（Scanning Tunneling Microscope）等のトンネル電流、ファンデルワールス力、磁力、静電力等を検出するマイクロスコープシステムに用いるカンチレバー、エアブリッジ構造型の配線等を精度良く製造することが可能となる。上記構成を有する静電アクチュエータは、可動電極をビーム下面に配置したことにより、ビーム上面に可動電極を配置した場合に比べて可動電極と駆動電極の間隔をビームの膜厚に相当する間隔だけ短くことができ、ビームを変位させるのに要する駆動電圧の低電圧化を計れる。また、例えばビームを電極と同オーダー程度に薄膜化した場合、ビーム下面の電極を薄膜形成した際に生じる内部応力によるビームの反りを、ビーム上面にも電極を設け上下対称構造にすることにより除去することが可能である。

【0028】上述のように構成された本発明のマイクロ構造体の形成法では、第1基板及び第2基板の少なくとも何れか一方の基板上に形成した樹脂膜よりなる接着層により、第2基板上に形成した構造体層及び構造体層に形成した電極部と第1基板を接着した後に、第2基板を除去し、支持層により第1基板と構造体層及び電極部を機械的に接続し、前記接着層を除去することにより行う。樹脂膜によって接着することにより、第1基板、第2基板、及び第2基板上に形成した構造体層の材料が制限されることなく、また樹脂膜を除去する前に構造体層の上面にも電極を形成できる。前記接着層は樹脂膜よりなることにより、溶媒、アッシング、加熱等により除去でき、電極部をエッチングすることがない。そして、樹脂膜よりなる接着層をドライエッチングにより除去することで、従来の犠牲層除去の際に問題となる貼り付きを回避できる。

【0029】また、本発明の形成法により作製した静電

アクチュエータは、ビームに形成した可動電極をビームの下面に配置することができ、これにより基板上に形成した駆動電極と可動電極の間隔を短くでき、駆動電極を低減することができる。

【0030】

【実施例】次に本発明にかかるマイクロ構造体の形成法ならびにそれによって得られるマイクロ構造体を実施例によって図1乃至図9の図面を参照して詳細に説明する。

#### 実施例1

図1及び図2は本発明のマイクロ構造体の形成法の第1の実施例を説明するための作製工程図であり、図3はそれを用いて作製したマイクロ構造体の斜視図である。本発明のマイクロ構造体は、図3に示すように以下の構造を持つ。10は第1基板であるガラス基板、15及び16はガラス基板10上に薄膜形成した駆動電極及び固定電極であり、可動電極17は、Siのp<sup>+</sup>層からなりトーションバー11を有し、空隙を介して支持部13、13'によりトーションバー11の上面より支持され、レバー12はパターニングしたSi構造体層からなり、可動電極17上にある。以上のように可動電極とレバーによりビームは構成されている。支持層13、13'はAl膜の電気導電体よりなり、可動電極17と固定電極16を電氣的に接続している。本発明のマイクロ構造体は、駆動電極15とビーム下面の可動電極17と電氣的に接続した固定電極16に電圧を印加することにより変位する静電アクチュエータとなっている。これにより静電アクチュエータは、可動電極17が空隙を介して支持層13、13'によりトーションバー上面より釣り下げられた構造となり、支持層13、13'はビームとガラス基板10及び固定電極16とをエアブリッジ (Air Bridge) 構造によって機械的かつ電氣的に接続する。駆動電極15と可動電極17に電圧を印加することでトーションバー11が振り回り、レバーが基板側に回転変位する。レバー部分はトーションバーに比べて膜厚が厚く撓むことはない。

【0031】上記構成を有する静電アクチュエータは、ビームに形成した可動電極をレバー下面に配置したことにより、ビーム上面に可動電極を配置した場合に比べて可動電極と駆動電極の間隔をレバーの膜厚に相当する間隔だけ短くすることができ、ビームを変位するに要する駆動電圧の低電圧化を計れる。

【0032】図1、2を用いて図3に示すマイクロ構造体のA-A断面図における本発明の形成法について説明する。第2基板として、構造体層23となるn型拡散層(80Ω・cm、厚さ3μm)を形成したp型Si基板22を用い、さらに該拡散層にボロンをイオン注入しp<sup>+</sup>層24(120Ω/□、厚さ0.5μm)を形成した基板を用いた(図1-(A))。前記基板上にフォトリソグ

ラセスを用いてフォトリソのバターンニングを施し、該フォトリソをマスクして、p<sup>+</sup>層24をCF<sub>4</sub>ガスを用いて反応性イオンエッチング(RI)によりエッチングして可動電極17を形成し、フォトリソをレジスト剥離液を用いて剥離し、図1-(B)に示す可動電極を有する第2基板を作製する。これにより、構造体層の一部からなる可動電極を形成できた。

【0033】接着する第1基板には、駆動電極15及び固定電極16を有するガラス基板10(商品名、#7059 Corning)を用いた。ガラス基板10は、Siに比べて熱膨張係数が1.4倍ほど大きい。駆動電極15、固定電極16は、ガラス基板10上に電子ビーム蒸着法によりCrを5nm、Auを200nm連続して成膜し、フォトリソグラフィプロセスによりフォトリソをバターンニングし、該フォトリソをマスクとしてAu、Crをヨウ素とヨウ化カリウムの水溶液からなるAuエッチャント及び硝酸セリウムアンモニウム及び過塩素酸の水溶液からCrエッチャントにより図3に示す電極パターンにバターンニングしたものである。次に、ガラス基板10に、ポリメタクリル酸メチル(PMMA)をメチルエチルケトン(MEK)に溶解し溶液をスピナー法により塗布し、50℃にて10分間の前処理加熱し、PMMAからなる2.5μm厚の接着層26を形成する(図1-(C))。塗布する際の樹脂を溶解した溶液に含まれる溶媒の含有量を調節しないと、加熱処理の際の溶媒蒸気により接着層と第2基板との間に気泡が残る場合がある。硬化しない程度の低温にて前処理加熱を施し、樹脂膜中に含まれる溶媒の含有量を調節することで界面に気泡が残ることを防止できる。PMMAにおいては、50℃にて10分間の前処理により気泡の発生を抑えることが可能であった。

【0034】図1-(B)の第2基板と図1-(C)の接着層26を形成した第1基板を図1-(D)に示すように各基板の裏面より圧力を加えて接着する。本実施例では図に示すように、可動電極17は接着層26中に埋め込まれたが、接着する際の圧力を調節することにより埋め込まれることを回避することも可能である。第1基板と第2基板を接着層を介して接着した後に、150℃に加熱し接着層を硬化した。

【0035】この後、図1-(D)の接着した基板に対して、80℃、30wt%のKOH溶液中で、拡散層に自然電極電位に対して3Vの正電位を印加して電解エッチングを行い、第2基板のp型Si基板のみをエッチング除去した(図1-(E))。電解エッチングによりn型拡散層である構造体層23がエッチングされることはない。次に、構造体層23上にフォトリソを塗布し、露光現像を行うフォトリソグラフィプロセスを用いてフォトリソのバターンニングを施し(図1-(F))、該フォトリソ101をマスクとして構造体層23をCF<sub>4</sub>ガスを用いて反応性イオンエッチング

(RIE)によりエッチングし、n型Si拡散層からなるレバーパターン25を形成し、続いて、酸素ガスによるRIEによりフォトリソ resist 101を除去すると共に接着層をレバー及びトーションバーと同一のパターンにエッチングした(図2-(G))。

【0036】以上のようにして形成したレバー及び可動電極上に、支持層となるAl膜27を真空蒸着法の一つであるAlターゲットを用いたスパッタリング法により1μm成膜した(図2-(H))。前記Al膜上にフォトリソグラフィプロセスによりフォトリソ resist 102を塗布、露光、現像し(図2-(I))、Al膜27をりん酸、硝酸及び酢酸からなるAlエッチャントを用いてパターンニングし、図2-(J)の支持部13'のパターンをトーションバー11上に形成した。最後に、酸素プラズマによりフォトリソ resist 102及び可動電極下部の樹脂膜であるPMMAをエッチング除去し、空隙29を形成した。以上の形成法を用いて、図2-(K)の空隙29を持つバルクSi(結晶体)からなるトーションレバー型のビームをAl膜で支持した図3に示す静電アクチュエータを形成した。酸素プラズマによるエッチングにより各電極がエッチングされることはなく、かつ従来のウェットエッチングによる犠牲層除去の際に問題となる貼り付きを回避することができた。

【0037】本発明による形成法では、バルク(結晶体)のSi基板により可動電極とレバーよりなるマイクロ構造体を作製したことにより、本質的に内部応力を持たない反りのないトーションレバー型のビームを作製することができた。また、可動電極と駆動電極の間に電圧を印加することにより、ビームの自由端は第1基板方向にトーションバーの振り回り回転に応じて変位した。

【0038】また、樹脂膜を接着層として用いることにより、150℃の低温で接着でき、第1基板に第2基板と熱膨張係数の異なる基板を用いることが可能となった。本発明で示したように、樹脂膜は第1基板と第2基板を接着する接着層であると共に、マイクロ構造体を形成するための犠牲層の役割を担っている。

【0039】樹脂膜を第1基板上に塗布することにより、駆動電極及び可動電極等により生じる基板上の凹凸に対して平滑に塗布することが可能であり、接着面の平坦性を保つと共に基板同士の良好な接着が可能となった。本実施例では、接着層を第1基板上に形成して第2基板と接着したが、接着層を第2基板上、また第2基板及び第1基板の両面に形成した後に接着しても同様のビームの形成が可能であった。

【0040】本発明のマイクロ構造体の形成法では、p層で可動電極を形成した後に、可動電極から見て裏面となる構造体層の面にレバーのパターンを形成していく。これにより、互いのパターン形状によらず独立したパターン形状を形成することが可能である。

【0041】本実施例では、支持部にAl薄膜よりなる

金属薄膜を用いたが、真空蒸着法を用いて樹脂膜よりなる犠牲層及び接着層が熱損傷しない温度で形成したシリコン酸化膜等の絶縁膜を用いれば、同様の工程により電氣的に絶縁性のあるマイクロ構造体を基板上に形成することも可能であることは言うまでもない。また、第1基板として、ガラス基板を用いたが、同様の形成工程により石英、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO、ZrO<sub>2</sub>等の他の絶縁体、Si、GaAs、InP等の半導体、金属等様々の基板を用いることもできる。

#### 10 【0042】実施例2

図4、図5及び図6は、本発明のマイクロ構造体の形成法の第2の実施例を説明するための作製工程図であり、図7はそれを用いて作製したマイクロ構造体の斜視図であり、図8は図7のマイクロ構造体のビーム部分の層構成図である。ビーム2は、レバー32、可動電極37、ダミー電極39よりなる。本発明のマイクロ構造体は、図7、図8に示されるように以下の構造を持つ。30は第1基板であるSi基板、34はシリコン酸化膜よりなる絶縁層、35は絶縁層34上に薄膜形成した駆動電極、38、38'は同様に絶縁層34上に薄膜形成した固定電極、レバー32はパターンニングしたシリコン酸化膜からなるカンチレバーであり、空隙を介して電気導電体よりなる支持部33、33'によりビーム上面より支持され、さらにレバー32の下面には可動電極37が形成してある。また、レバー32上面にはダミー電極39が形成してある。支持部33はダミー電極39と固定電極38を、支持部33'はレバー32に形成したコンタクトホール36を通して可動電極37と固定電極38'を電氣的に接続し、コンタクト31を形成している。本発明のマイクロ構造体は、駆動電極35とレバー32下面の可動電極37と支持部33'にて電氣的に接続した固定電極38'に電圧を印加することで、カンチレバー型の静電アクチュエータとして撓み変形することが可能である。

【0043】これにより静電アクチュエータは、ビーム2が空隙を介して支持部33、33'により前記ビーム上面より釣り下げられた構造となり、支持部33、33'はビーム32を絶縁層34及び固定電極38、38'上にエアブリッジ(Air Bridge)構造にて機械的かつ電氣的に接続する構造となる。駆動電極35と固定電極38'に電圧を印加することでビームが撓み変形し、ビーム自由端が基板側に変位する。

【0044】上記構成を有する静電アクチュエータは、ビームに形成した可動電極をビーム下面に配置したことにより、ビーム上面に可動電極を配置した場合に比べて可動電極と駆動電極の間隔をビームの膜厚に相当する間隔だけ短くすることができ、ビームを変位させるのに要する電圧の低電圧化が計れる。また、レバー32上面にダミー電極を設けることで、レバー32と薄膜形成した可動電極37の内部応力により生ずるマイクロ構造体の



13

反りを、レバー上にも電極部を設けて上下対称構造とすることにより除去することが可能である。ダミー電極は反りキャンセル用の層として導入した。

【0045】図5, 6, 7を用いて図7に示すマイクロ構造体のB-B断面図における本発明の形成法を説明する。本実施例では、転写用犠牲層を用いてマイクロ構造体を形成する。

【0046】構造体層を有する第2基板を形成するために、Si基板40を酸化ガス（酸素及び水素の混合ガス）を用いて熱酸化し、1 $\mu$ mの厚みのシリコン酸化膜からなる構造体層43を形成し、次いでA1膜よりなる転写用犠牲層41を、薄膜堆積法の一つである電子ビーム蒸着法により200nmの厚さに成膜し（図4-(A)）、ガラス基板（商品名、#7740Corning）よりなる第2基板42と転写用犠牲層41を陽極接合法により接合する（図4-(B)）。

【0047】図9を用いて陽極接合する工程を説明する。同図において、63はシリコン酸化膜からなる構造体層43を有するSi基板40に成膜した転写用犠牲層（A1膜）41と、第2基板42であるガラス基板との間に電圧を印加する為の電源であり、リード線62, 64により針状電極61, 65と電気的に接続してある。60はヒーターを有するプラテンである。転写用犠牲層（A1膜）41を接合面として第2基板42を重ね合わせ、プラテンの温度を300℃に保持した状態で電源63によって第2基板と転写用犠牲層との間に500Vの電圧を20分間印加し、第2基板と転写用犠牲層を陽極接合法により接合した。

【0048】次に、100℃に加熱したKOH30wt%水溶液でSi基板40をエッチング除去し、構造体層43と転写用犠牲層41を有する第2基板を形成した（図4-(C)）。構造体層であるシリコン酸化膜は、アルカリ水溶液に対してエッチング耐性を持ち、ウエットエッチングによってエッチングされない。

【0049】次に、可動電極となる導電体薄膜201を構造体層43上に成膜した。導電体薄膜は、電子ビーム蒸着法によりCrを5nm、Auを400nm連続して成膜し、フォトリソグラフィプロセスによりフォトレジスト103をパターニングし（図4-(D)）、該フォトレジスト103をマスクとして、Au, Crをヨウ素とヨウ化カリウムの水溶液からなるAuエッチャント及び硝酸セリウムアンモニウム及び過塩素酸の水溶液からなるCrエッチャントにより、図8に示す可動電極の形状にパターニングした。フォトレジスト103はレジスト剥離液にて除去した。さらに、構造体層43を、図には示していないが新たにフォトレジストを塗布しコンタクトホール36の無いレバーのパターンにフォトリソグラフィプロセスを用いてパターニングし、該フォトレジストをマスクとしてCF<sub>4</sub>ガスによる反応性イオンエッチング（RIE）によりエッチングし、コンタクトホールの

14

無いレバーパターン45を形成した。前記フォトレジストはレジスト剥離液にて除去した（図4-(E)）。

【0050】接着する第1基板には、絶縁層34と駆動電極35及び固定電極38, 38'（不図示）を有するSi基板30を用いた。絶縁層34は酸化ガスを用いてSi基板30を熱酸化した1 $\mu$ mの厚みのシリコン酸化膜である。駆動電極35、固定電極38, 38'は、可動電極37を形成したと同様の方法によりCr（5nm）とAu（100nm）の導電体薄膜を成膜した後にパターニングして形成した。前記第1基板上に接着層46となる樹脂膜をスピナー法により塗布する。樹脂膜として東京応化（株）製のゴム系レジストOMR-83（商品名）を用いた（図4-(F)）。

【0051】接着層46を塗布した後に、図4-(E)の第2基板と図4-(F)の第1基板を裏面より圧力をかけて押し当てた後に、150℃に加熱処理することにより接着層を硬化させ、図4-(G)に示すように接着した。硬化後の接着層の膜厚は2 $\mu$ mとなっている。

【0052】次に、転写用犠牲層41を80℃に加熱したりん酸、硝酸、及び酢酸からなるA1エッチャントを用いて除去し、第2基板をリリースすることにより、図5-(H)に示すように、第2基板上のビーム形状にパターニングした構造体層及び可動電極が第1基板の接着層上に転写された。

【0053】続いて、駆動電極35及び固定電極38, 38'を形成したと同様の方法により、Cr（5nm）とAu（400nm）の金属膜202を成膜し、フォトレジスト104を塗布してフォトリソグラフィプロセスによりパターニングした（図5-(I)）。フォトレジスト104をマスクとしてAuエッチャント及びCrエッチャントにより金属膜202をエッチングし、ダミー電極39を形成した。さらに、レバーパターンを有する構造体層をマスクとして、酸素ガスによるRIEにより樹脂膜よりなる接着層をレバーパターンと同様の形状にパターニングした（図5-(J)）。

【0054】次に、レバーパターンを有する構造体層に、フォトレジスト105を塗布しフォトリソグラフィプロセスを用いてパターニングし（図5-(K)）、該フォトレジストをマスクとしてCF<sub>4</sub>ガスによる反応性イオンエッチング（RIE）によりエッチングし、コンタクトホール36を形成した（図5-(L)）。フォトレジスト105は、酸素ガスによる反応性イオンエッチングにより除去した。以上のようにして形成したシリコン酸化膜のビーム32とコンタクトホール36下部の可動電極37及びダミー電極39上に、支持層となるA1膜47を2 $\mu$ m成膜した（図6-(M)）。前記A1膜上にフォトリソグラフィプロセスによりフォトレジスト106をパターニングし（図6-(N)）、A1膜47を50℃に加熱したりん酸、硝酸、及び酢酸からなるA1エッチャントを用いてパターニングし、支持部33、

15

33'を形成した(図6-(O)、支持部33は不図示)。これにより、支持部33'は、コンタクトホールを介して可動電極37と固定電極38'(不図示)を、支持部33は、ダミー電極39と固定電極38(不図示)を電氣的に接続できた。

【0055】最後に、酸素プラズマによりフォトレジスト106及び可動電極下部の樹脂膜よりなる接着層をエッチング除去し、空隙49を形成した(図6-(P))。以上の形成法を用いて、空隙49を持つ両面に電極部を有した1 $\mu$ mの膜厚のシリコン酸化膜のカンチレバー型ビーム2をA1膜で機械的に支持した、図7に示すマイクロ構造体を形成した。酸素プラズマによるエッチングによりビーム、支持部及び各電極がエッチングされることなく、かつウエットエッチングによる従来の犠牲層除去の際に問題となる貼り付きを回避することができた。

【0056】本発明の形成法により、ビーム下面に可動電極を形成でき、かつ第1基板上に形成した固定電極と支持部を通じて電氣的に接続することができた。カンチレバーの長さが100 $\mu$ mとなる本実施例の静電アクチュエータの一つに、可動電極と駆動電極の間に電圧を20V印加したところ、カンチレバーの撓みに応じてビーム自由端は第1基板方向に約0.5 $\mu$ m変位させることができた。

【0057】本実施例の形成法において、ビーム上面にダミー電極を設けることで、レバー32に形成した可動電極37の内部応力により生じるビームの反りをキャンセルできる。可動電極及びダミー電極を形成していないシリコン酸化膜のみのカンチレバー型のビームを形成したところ、ビームの反りは見られなかった。真空蒸着法により形成するシリコン酸化膜は、薄膜形成過程により生じる真空力(intrinsic stress)を除去することは困難であるが、バルクSiを酸化して形成したシリコン酸化膜は、アモルファスで均質な膜であり単層では反らない。本実施例ではAuを400nmと比較的厚くし、シリコン酸化膜に近い膜厚としてある。比較として、図7においてダミー電極を形成していないビームよりなる静電アクチュエータを形成したところ、ビーム自由端が第1基板方向とは逆向きに1 $\mu$ m以上反った。これは、可動電極として用いたAuの蒸着膜が圧縮応力を有していることによる。上向きの反りを持つビームでは、可動電極と駆動電極の間隔が広がり、第1基板面と同一位置にビームを変位させるためには、駆動のための電圧を大きくする必要がある。また、ダミー電極を形成していないビームよりなる静電アクチュエータの可動電極をAgにて形成した場合、反りが逆向きとなり、第1基板とビーム自由端との間隔が狭くなり、空隙に対応した十分な変位幅を得ることができなかった。本実施例では、レバーを電極部と同オーダー程度に薄膜化した場合に生じるビームの反りを、レバー上面に反りキャンセル用のダミー

16

電極部を設け上下対称構造とすることにより除去することが可能となった。

【0058】本実施例の形成法の図6-(O)において、ダミー電極上にスピント(Spindt)らにより提案された方法(C.A.Spindt, et al., "Physical properties of filmfield emission cathode with molybdenum cones", J. Appl. Phys., 47, 1976, pp5248-5263)を用いて導電体材料からなる探針を形成することにより、観察する試料表面の間に生じるトンネル電流を取り出す取り出し電極としてダミー電極を用いることが可能であり、フォトレジスト106及び接着層を除去することにより静電アクチュエータを有するSTMプローブを形成することができる。また、ダミー電極を接地(アーク)することにより、駆動電極から印加される電場以外のノイズとなる外部電場を遮断するシールド電極としても利用することも可能である。本実施例ではダミー電極及び可動電極は各一つ構造体層に設けたが、複数の電極を構造体層上に設けてもよいことは言うまでもない。

【0059】薄膜堆積法にて可動電極を形成した後に構造体層を形成した場合には、可動電極のパターン段差部分で構造体層にも駆動電極のパターン形状が転写される。本発明の形成法では、構造体層上に最終的には第1基板に向かい合わせとなる可動電極を形成した後に構造体層にビームのパターンを形成するために、可動電極のパターン段差に抛らずに平坦な構造体層からなるビームを形成することが可能である。すなわち、可動電極とビームに互いのパターン形状によらず独立したパターン形状を形成することが可能である。また、本発明の形成法では電極部を形成した構造体層を反転して第1基板に転写するために、電極部を第1基板に対向して設けることが可能となっている。

【0060】樹脂膜を第1基板上に塗布することにより、駆動電極及び固定電極等により生じる基板上の凹凸に対して平滑に塗布することが可能であり、接着面の平坦性を保つと共に良好な基板同士の接着が可能となった。さらに、樹脂層としてフォトレジストを用いたことにより、第1基板であるSi基板30上に集積回路を形成した基板を用いても、同様にマイクロ構造体を形成できることは言うまでもない。フォトレジストは、可動イオンの含有量が極めて少なく、MOSトランジスタ等の電子デバイスへの可動イオンの侵入による動作不良をおこさない。また、基板としてSiを用いたが、ガラス、GaAs、金属、金属膜が形成されたガラス基板等他の基板を用いることも可能であることは言うまでもない。

【0061】図4-(G)において、構造体層及び可動電極と第1基板を接着層を介して接着する工程において、各基板の裏面より圧力をかけて押し当てる代わりに、転写用犠牲層41であるA1と第1基板であるSi基板に100Vの電圧を印加し、発生する静電力により

押し当てることにより同様に接着することが可能であった。転写用犠牲層の材料としてAl膜を用いたが、Ti、Ni等の陽極接合可能な他の金属材料を用い、樹脂膜及び構造体層を腐食することが無いエッチャントを選ぶことにより同様の構造体を形成することが可能である。

【0062】また、図4-(E)のビームのパターンにより、第2基板の接着面に溝が形成されたこととなり、図4-(G)での工程にて樹脂膜を加熱処理し硬化する際に発生する溶媒の蒸気を前記溝を通じて逃がすことができる。溝のない場合には、塗布する際の樹脂を溶解した溶液に含まれる溶媒の含有量を調節しないと、加熱処理の際の溶媒蒸気により接着層と構造体層との間に気泡が残る場合がある。溝を形成することにより気泡の発生を防止する効果がある。

【0063】本発明で示したように、樹脂膜は、第1基板と構造体を接着する接着層であると共にマイクロ構造体を形成するための犠牲層の役割を担っている。

【0064】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のマイクロ構造体の形成法によれば、第1基板及び第2基板の少なくとも何れか一方の基板上に形成した樹脂膜よりなる接着層により、第2基板上に形成した構造体層及び構造体層に形成した電極部と第1基板を接着した後に、第2基板を除去し、支持層により第1基板と構造体層及び電極部を機械的に接続し、前記接着層を除去することによりマイクロ構造体を形成するため、絶縁体、金属、半導体等の様々の材料からなるマイクロ構造体を形成することができ、マイクロ構造体の上面及び下面/又は下面に電極パターンを形成し、基板との電氣的接続が可能なマイクロ構造体が形成できた。

【0065】また、構造体層を第1基板とは別の工程にて作製する為に、第1基板と構造体層の材料が制限されることがない。

【0066】さらに、ビームとしてバルク（結晶体）材料を用いることが可能であり、反りのないビームを形成することができた。

【0067】また、樹脂膜は、第1基板と第2基板を接着する接着層であると共に、マイクロ構造体を形成するための犠牲層の役割を担っていることから、樹脂膜を除去する方法として酸素ガスによるドライエッチングを用いることが可能となり、従来の犠牲層除去の際に問題となる貼り付きを回避することができた。

【0068】また、樹脂膜は、基板上に形成した電極パターン等による凹凸に左右されずに平坦面を形成することができ、基板の表面粗さに依存せず良好な接着が可能となった。

【0069】さらに、本発明の方法により、比較的低温プロセスによってマイクロ構造体を形成でき、熱膨張係数の異なる基板を用いてもマイクロ構造体を形成するこ

とが可能となった。

【0070】また、本発明の形成法により作製した静電アクチュエータは、ビームに形成した可動電極をビームの下面に配置することができ、これにより基板上に形成した駆動電極と可動電極の間隔を短くでき、駆動電圧を低減することができた。

【0071】本発明のマイクロ構造体の形成法により、駆動電極と構造体のパターンは、互いのパターン形状によらず独立して形成することが可能である。

【0072】さらに、構造体層を形成した後に最終的には第1基板に向かい合わせとなる可動電極を形成するために、可動電極のパターン段差に拘らずに平坦な構造体層からなるビームを形成することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のマイクロ構造体の形成法の第1実施例の作製工程を説明する断面図である。

【図2】本発明のマイクロ構造体の形成法の第1実施例の作製工程を説明する断面図である。

【図3】第1実施例のマイクロ構造体の形成法を用いて作製したマイクロ構造体である静電アクチュエータを説明する斜視図である。

【図4】本発明のマイクロ構造体の形成法の第2実施例の作製工程を説明する断面図である。

【図5】本発明のマイクロ構造体の形成法の第2実施例の作製工程を説明する断面図である。

【図6】本発明のマイクロ構造体の形成法の第2実施例の作製工程を説明する断面図である。

【図7】第2実施例のマイクロ構造体の形成法を用いて作製したマイクロ構造体である静電アクチュエータを説明する斜視図である。

【図8】第2実施例の静電アクチュエータのビーム部分の層構成を説明する斜視図である。

【図9】本発明のマイクロ構造体の形成法の第2実施例の陽極接合法により第2基板上に転写用犠牲層を介して構造体層となるシリコン酸化膜を形成する工程を説明する模式図である。

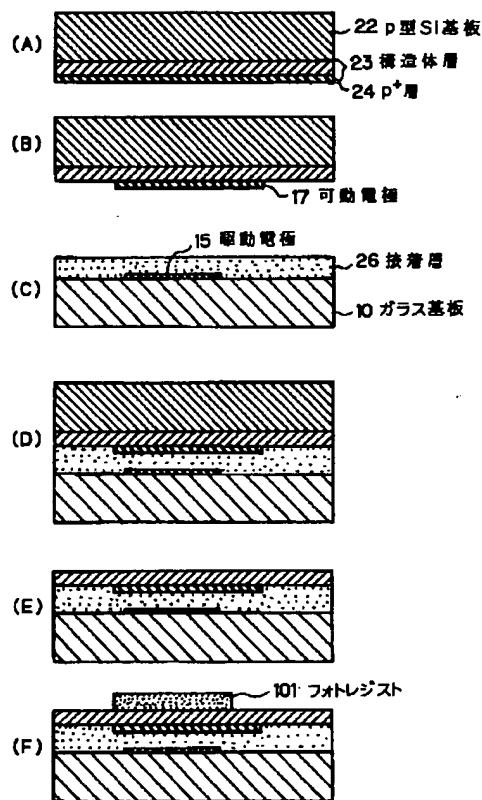
【符号の説明】

- 1, 2 ビーム
- 10 ガラス基板
- 11 トーションバー
- 12, 32 レバー
- 13, 13', 33, 33' 支持部
- 15, 35 駆動電極
- 16, 38, 38' 固定電極
- 17, 37 可動電極
- 22 p型Si基板
- 23, 43 構造体層
- 24 p<sup>+</sup>層
- 25, 45 レバーパターン
- 26, 46 接着層

19

27, 47 Al層  
 29, 49 空隙  
 30, 40 Si基板  
 31 コンタクト  
 34 絶縁層  
 36 コンタクトホール  
 39 ダミー電極  
 41 転写用犠牲層  
 42 第2基板

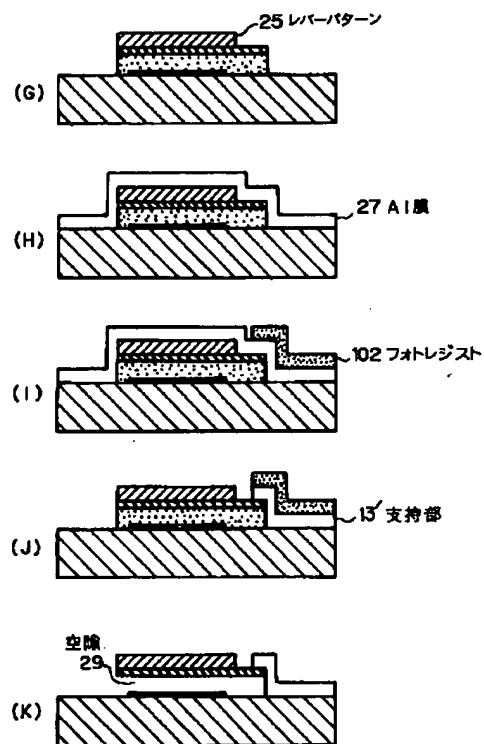
【図1】



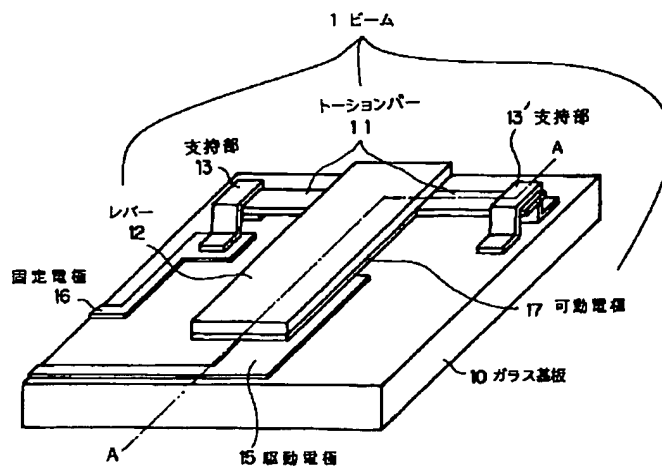
20

60 プラテン  
 61, 65 針状電極  
 63 電源  
 62, 64 リード線  
 101, 102, 103, 104, 105, 106  
 フォトリソグ  
 201 導電体薄膜  
 202 金属電極

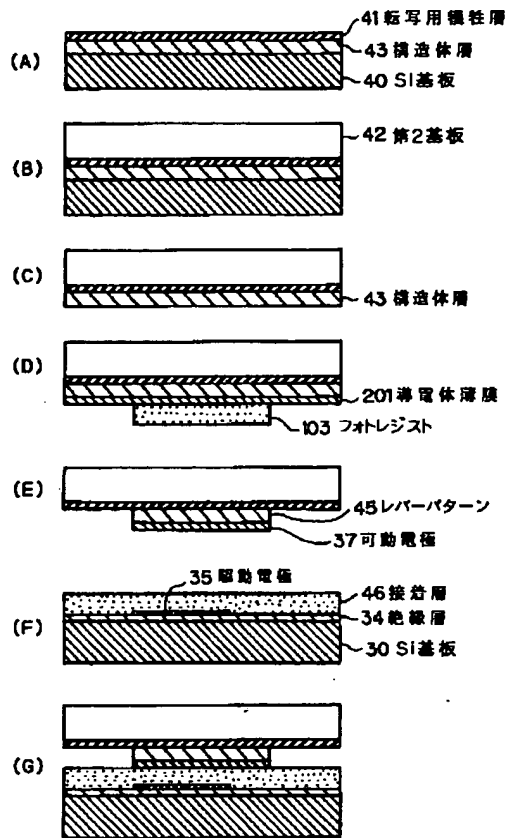
【図2】



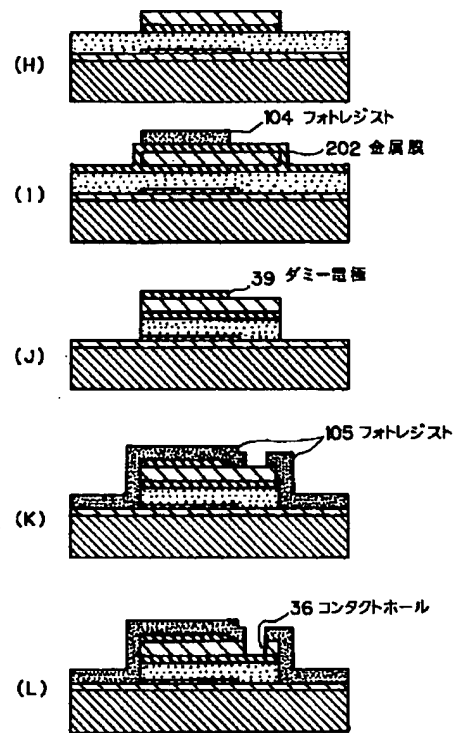
【図3】



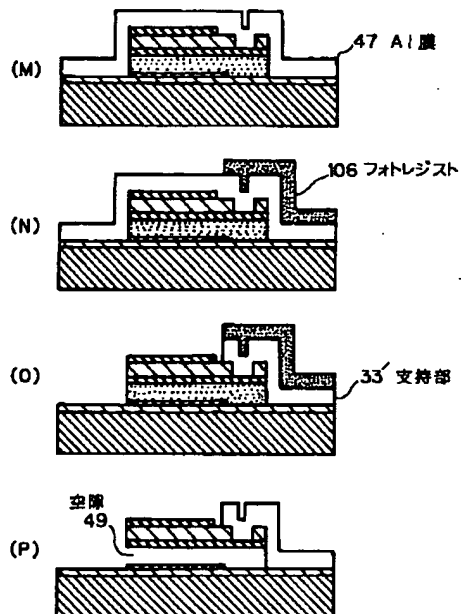
【図4】



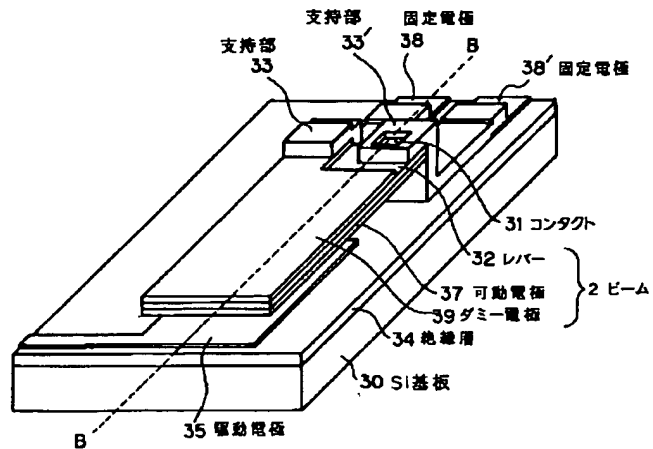
【図5】



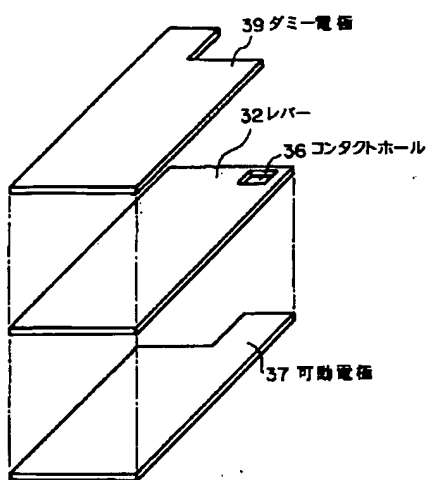
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

